

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-308423

(43)Date of publication of application : 04.11.1994

(51)Int.Cl.

G02B 27/02

G02B 13/18

G02B 25/00

(21)Application number : 05-101370

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 27.04.1993

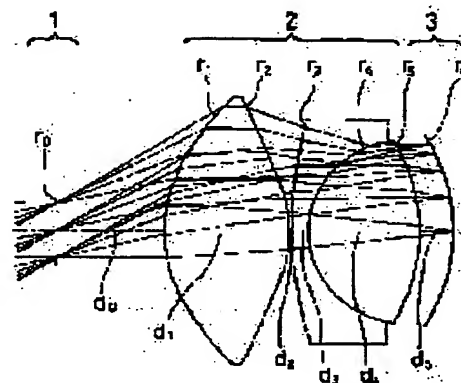
(72)Inventor : KONUMA OSAMU

(54) VISUAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a visual display device which can present a large observation viewing angle being $\geq 30^\circ$, which has the large degree of freedom as for a pupil position and which can present an observed image which is flat and clear extending over the periphery thereof.

CONSTITUTION: This device is constituted of a two-dimensional display element on which the observed image is displayed, a conversion optical element converting the flat image on the two-dimensional display element to a curved-surface image 3 and a positive-lens eyepiece optical system 2 which is constituted of two groups and which enlarges and projects the curved-surface image 3 on eyeballs as a virtual image. The optical system 2 is constituted of the first lens group of a positive single lens and the second lens group obtained by joining the negative lens and the positive lens from the eyeball 1 side. Besides, at least one out of the respective surfaces thereof is a non-spherical surface.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-308423

(43)公開日 平成 6 年(1994)11月 4 日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 2 B 27/02
13/18
25/00

識別記号

Z 7036-2K
9120-2K
A 8106-2K

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-101370

(22)出願日 平成 5 年(1993) 4 月 27 日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号

(72)発明者 小沼 修

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 43 番 2 号オリン
パス光学工業株式会社内

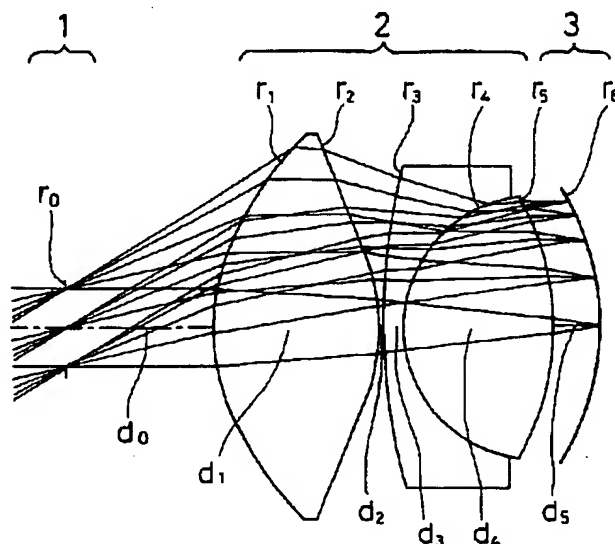
(74)代理人 弁理士 荏澤 弘 (外 7 名)

(54)【発明の名称】 視覚表示装置

(57)【要約】

【目的】 30°以上の大きな観察画角を提示でき、瞳位置の自由度が大きく、かつ、周辺までフラットで鮮明な観察画像を提示できる視覚表示装置。

【構成】 視覚表示装置は、観察像を表示する2次元表示素子と、この2次元表示素子上の平面像を曲面像3に変換する変換光学素子と、その曲面像を眼球に虚像として拡大投影する2群構成の正レンズの接眼光学系2とからなり、この接眼光学系は、眼球1側から、正単レンズの第1レンズ群と負レンズと正レンズの接合レンズの第2レンズ群とからなると共に、各面の少なくとも1つが非球面である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 観察像を表示する2次元表示素子と、該2次元表示素子上の平面像を曲面像に変換する変換光学素子と、その曲面像を眼球に虚像として拡大投影する2群構成の正レンズの接眼光学系とからなることを特徴とする視覚表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、視覚表示装置に関し、特に、使用者の頭部もしくは顔面に保持することが可能なポータブル型の頭部又は顔面装着式視覚表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、バーチャルリアリティー用、あるいは、個人的に大画面の映像を楽しむことを目的として、ヘルメット型、ゴーグル型の頭部又は顔面に保持する視覚表示装置が開発されている。例えば、液晶表示素子等の小型の表示素子上の像をレンズ等の接眼光学系で眼球に拡大投影するものがある。そのような頭部装着式視覚表示装置の光学系を図10に示す。図10において、2次元表示素子を5、2次元表示素子5を空中に拡大投影する接眼レンズを2、観察者眼球位置を10とする。

【0003】接眼光学系の従来技術としては、顕微鏡、双眼鏡、望遠鏡、ファインダー等の接眼レンズがある（特開昭51-120231号、特開昭60-227215号、特開昭61-48810号、特開昭63-31851号、特開平3-87709号）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】頭部もしくは顔面装着式視覚表示装置にとって、装置全体の大きさを小さくすることと、重量を軽量化することが、装着性を向上させる上で重要である。また、大きな画角を確保することが画面の臨場感を増す上で必要であり、臨場感は提示画角で決まってしまうと言っても過言でない（テレビジョン学会誌、Vol. 45, No. 12, pp. 1589-1596(1991)）。

【0005】立体感、迫力感等の臨場感を観察者に与えるためには、観察水平方向で 30° （ $\pm 15^\circ$ ）以上の提示画角を確保することが必要であると同時に、 120° （ $\pm 60^\circ$ ）付近でその効果は飽和してしまうことが知られている。つまり、 30° 以上でなるべく 120° に近い観察画角にすることが望ましい。

【0006】また、接眼光学系のアイポイントにおける設計瞳径が小さいと、瞳の自由度が小さく、装置を密着した状態が少しずれるだけで観察視野周辺に暗黒部が生

$$0.5 < |R/F| < 2.5$$

なる条件を満足するのが好ましい。

【0014】

【作例】以下、本発明をより理由と作例について説明

じ、臨場感を損なうこととなり、好ましくない。つまり、接眼光学系のFナンバーを小さくすることが要求される。

【0007】しかし、接眼光学系の画角を大きくし、さらに、Fナンバーを小さくすると、光学系の周辺部を光線が通過するため、収差の発生が大きくなり、コンパクトな構成では収差の補正が困難となり、周辺画像の解像度が低下したり、像歪みの発生が大きくなり観察像が歪んだりする問題が発生する。特に、像面湾曲については、レンズ枚数の少ないコンパクトな接眼レンズでは、光線高の高い箇所に正レンズ、低い箇所に負レンズを配置して、正負のパワー配分によってペッツバル和を小さくするような構成をとることができず、その補正が困難である。

【0008】上記した従来の接眼レンズは、大きな画角を確保してはいるものの、Fナンバーが大きいものか、又は、Fナンバーが小さく設計されていても、収差補正が不足するものかの何れかであり、 30° 以上の大きな画角と小さいFナンバーを同時に確保しながら、良好な収差補正を達成するのは困難であった。したがって、視覚表示装置として重要な、大きな観察画角と大きな瞳位置の自由度と周辺まで平坦性の良い鮮明な画像とを同時に提供することはできない。

【0009】本発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、 30° 以上の大きな観察画角を提示でき、瞳位置の自由度が大きく、かつ、周辺までフラットで鮮明な観察画像を提示できる視覚表示装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために、本発明の視覚表示装置は、観察像を表示する2次元表示素子と、該2次元表示素子上の平面像を曲面像に変換する変換光学素子と、その曲面像を眼球に虚像として拡大投影する2群構成の正レンズの接眼光学系とからなることを特徴とするものである。

【0011】さらに、前記曲面像が接眼光学系側に凹面を向けた曲面であることが好ましい。

【0012】さらに、前記接眼光学系が、眼球側から、正単レンズの第1レンズ群と負レンズと正レンズの接合レンズの第2レンズ群とからなると共に、各面の少なくとも1つが非球面であることが好ましい。

【0013】さらに、本発明の視覚表示装置は、前記変換光学素子によって変換された物体面の曲率半径をR、接眼光学系の焦点距離をFとすると、

$$\dots (1)$$

は、像面湾曲収差を良好に補正するために、2次元表示素子上の平面像を曲面像に変換する変換光学素子を用いるようにし、接眼光学系で、曲面を物点として照明

である。この構成の中で、平面である2次元表示素子上の物体面を、接眼光学系の像面湾曲で打ち消すように、予め変換光学素子で曲面物点にすることが重要である。これにより、像面湾曲収差を接眼レンズ系で補正する必要がなくなり、本発明のような2群のレンズ系で像面湾曲収差つまりペッツバル和の補正をしなくても、非点収差のみが補正されていれば、フラットな空中拡大像を提供することができる。

【0015】さらに、変換光学素子による曲面像は、接眼レンズ側に凹面を向けた曲面であることが好ましく、例えば球面であってもよい。上記構成をとる理由は、一般的に言って、レンズ枚数の少ないコンパクトな接眼レンズでは、光線高の高い箇所に正レンズ、低い箇所に負レンズを配置して、正負のパワー配分によってペッツバル和を小さくするような構成をとることができず、像面湾曲が発生するからである。その湾曲方向はペッツバル像面の湾曲方向に相当し、正のペッツバルが過剰の接眼レンズでは、眼球側に凹面を向けた球面となる。したがって、変換光学素子による曲面像を、接眼レンズ側に凹面を向けた球面とすることによって、接眼レンズの像面湾曲は打ち消されて、結果的にフラットな空中拡大像を提供できる。

【0016】以下、上記の変換光学素子について説明する。変換光学素子がない場合は、像面湾曲を補正するためには、2次元表示素子を曲面に製作しなければならないが、これは製作上非常に難しい。したがって、前に述べたように、変換光学素子は、2次元表示素子に示された2次元平面画像を曲面画像に変換する作用を持つものが要求される。この変換光学素子は、例えば、意図的に像面湾曲を発生させたりレーンズ系で構成することができるし、端面を曲面にしたイメージファイバプレート等で構成することもできる。

$$0.5 < |R/F| < 2.5$$

なる条件を満足することが重要である。この条件式の下限の0.5を越えると、逆追跡での接眼レンズ系の像面湾曲を補正するための物体面の曲率半径が小さくなりすぎ、この物体面に接眼レンズ系の像面湾曲を合わせようとすると、非点収差が大きくなりすぎ、周辺画像の解像

$$1 < |R/F| < 2$$

にすると、より望ましい。この条件の下限以内であれば、変換光学素子によって湾曲した物体面の曲率半径をある程度緩めに（曲率半径を大きく）とれるので、変換光学素子の設計上の自由度が増し、その製作が簡単にでき、生産性も向上できる。また、この条件の上限以内であれば、接眼光学系の焦点距離をある程度大きくとれるので、観察者眼球と接眼光学系との間にゆとりが持て、

$$12 < F < 30 \quad [\text{mm}]$$

なる条件を満足することが重要である。この条件式の下限の12mmは、観察者の瞳孔位置と観察者の顔面との距離に相当する。

【0017】本発明の第2点目のポイントは、曲面物点を平面像点として、空中に拡大投影する接眼光学系の構成として、正の単レンズの第1レンズ群と負レンズと正レンズの接合レンズの第2レンズ群とから構成すると共に、各面の少なくとも1つを非球面とする構成をとったことである。

【0018】以下、説明の便宜上、眼球瞳孔を物体側とし、変換光学素子による曲面像を像点とした逆光線追跡で説明することとする。瞳孔から射出する光線は、画角が大きい程、もしくは、Fナンバーが小さい程、接眼レンズ系に入射する光線高が高くなるので、強い正のパワーを持ったレンズをまず配置する。このレンズは、正の単レンズとすることで光線高を低くし、その後に入射するレンズ系で収差の発生をなるべく小さくする。第2レンズ群は、色収差を補正するために、アッペ数の離れた負と正のレンズの接合レンズとする。さらに、画角が大きいことによる各レンズ面で発生する収差を補正するために、各面の少なくとも1つに非球面を採用する。これにより、コンパクトな構成で、像面湾曲以外の諸収差、特にコマ収差と非点収差を補正することができる。

【0019】さらに、非球面は、水平方向の画角が50°以上の接眼レンズでは、少なくとも最も眼球側の面に採用するのが好ましい。この理由は、画角が50°を越えると、最も眼球側の面に入射する光線高と入射角が大きくなり、この面でのコマ収差、非点収差の発生が極めて大きくなり、他のレンズ面では補正しきれなくなるためである。

【0020】次に、変換光学素子による湾曲した物体面の曲率半径に関する条件式について説明する。変換光学素子により湾曲した物体面の曲率半径をR、接眼光学系の焦点距離をFとすると、

$$\dots (1)$$

力が低下する。上限の2.5を越えると、今度は非点収差が逆方向に大きくなり、やはり周辺画像の解像力が低下する。このように、非点収差と像面湾曲のバランスをとる上で、上記条件を満足すると良い結果を得られる。

【0021】さらに、上記の条件の範囲を、

$$\dots (1)'$$

使い勝手が向上できる。

【0022】さらに好ましくは、接眼光学系の焦点距離は、装置全体の大きさから短くするほうが有利となるが、接眼光学系と観察者の瞳孔位置との距離（アイポイント）が12mm以上必要であることから、接眼光学系の焦点距離Fは、

$$\dots (2)$$

ってしまい、観察し難くなる。また、上限の30を越えると、観察者の顔面との距離に相当する。

者に違和感や疲労感を与えてしまう。

【0023】

【実施例】以下、図面を参照にして本発明の視覚表示装置の接眼レンズの実施例1～5と変換光学系の実施例について説明する。図1に実施例1の、図2に実施例4の接眼レンズのレンズ断面図を示すが、実施例2、3、5のレンズ構成は実施例1とほぼ同じであるので、図示は省く。

【0024】図1において、符号1は観察者眼球の瞳孔にあたる接眼レンズの入射瞳位置、2は接眼レンズ、3は湾曲した像面であり、実際の使用に際しては、像面3には、後で例示するリレー光学系4（図8）、イメージファイバープレート6（図9）等の変換表示素子による曲面像を配する。

【0025】さて、接眼レンズ2は、実施例1～3、5においては、図1に示すように、瞳孔1側から、両凸レンズと、瞳孔1側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズとからなっており、実施例4においては、図2に示すように、瞳孔1側から、瞳孔1側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、瞳孔1側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズの接合レンズとからなっている。

【0026】接眼レンズ2の非球面については、実施例1においては、単レンズの両面に、実施例2において

$$Z = (h^2 / r) / \{1 + [1 - (1 + K) (h/r)^2]^{1/2}\} + Ah^4 + Bh^6 + \dots$$

【0029】実施例1

$r_0 =$	∞	$d_0 =$	15.000000		
$r_1 =$	19.16777(非球面)	$d_1 =$	17.282117	$n_{d1} =$	1.5254 $\nu_{d1} =$ 56.25
$r_2 =$	-17.96050(非球面)	$d_2 =$	0.603569		
$r_3 =$	74.17377	$d_3 =$	2.000000	$n_{d2} =$	1.8466 $\nu_{d2} =$ 23.9
$r_4 =$	13.36589	$d_4 =$	14.889812	$n_{d3} =$	1.5163 $\nu_{d3} =$ 64.1
$r_5 =$	-28.46670	$d_5 =$	4.673707		
$r_6 =$	-27.57725				

非球面係数

第1面

$$K = -2.895470$$

$$A = 0.183708 \times 10^{-4}$$

$$B = -0.911517 \times 10^{-8}$$

第2面

$$K = -1.518426$$

$$A = 0.294718 \times 10^{-4}$$

$$B = -0.265912 \times 10^{-7}$$

【0030】実施例2

$r_0 =$	∞	$d_0 =$	15.000000		
$r_1 =$	21.09188(非球面)	$d_1 =$	12.729671	$n_{d1} =$	1.5254 $\nu_{d1} =$ 56.25
$r_2 =$	-98.25692	$d_2 =$	0.795885		
$r_3 =$	31.10831	$d_3 =$	2.000000	$n_{d2} =$	1.8466 $\nu_{d2} =$ 23.9
$r_4 =$	14.16702	$d_4 =$	16.000000	$n_{d3} =$	1.5254 $\nu_{d3} =$ 56.25
$r_5 =$	-22.08546(非球面)	$d_5 =$	8.474444		
$r_6 =$	-32.00736				

非球面係数

$$A = 0.138364 \times 10^{-5}$$

$$B = -0.100000 \times 10^{-8}$$

$$K = -14.627343$$

$$A = -0.180394 \times 10^{-4}$$

$$B = 0.986111 \times 10^{-7}$$

【0031】実施例3

$$\begin{array}{llll} r_0 = & \infty & d_0 = & 15.000000 \\ r_1 = & 19.42583 (\text{非球面}) & d_1 = & 13.000000 \quad n_{d1} = 1.5254 \quad v_{d1} = 56.25 \\ r_2 = & -39.06931 & d_2 = & 2.853699 \\ r_3 = & 30.82547 & d_3 = & 2.000000 \quad n_{d2} = 1.8466 \quad v_{d2} = 23.9 \\ r_4 = & 11.35921 & d_4 = & 13.000000 \quad n_{d3} = 1.5163 \quad v_{d3} = 64.1 \\ r_5 = & -44.22965 & d_5 = & 6.686127 \\ r_6 = & -26.09666 & & \end{array}$$

非球面係数

$$B = 0.778743 \times 10^{-8}$$

第1面

$$K = -1.202641$$

【0032】実施例4

$$A = -0.439027 \times 10^{-5}$$

$$\begin{array}{llll} r_0 = & \infty & d_0 = & 15.000000 \\ r_1 = & 20.33823 & d_1 = & 6.050349 \quad n_{d1} = 1.6204 \quad v_{d1} = 60.27 \\ r_2 = & 45.00722 & d_2 = & 0.200000 \\ r_3 = & 21.95813 & d_3 = & 2.000000 \quad n_{d2} = 1.8466 \quad v_{d2} = 23.9 \\ r_4 = & 12.20347 & d_4 = & 13.000000 \quad n_{d3} = 1.5254 \quad v_{d3} = 56.25 \\ r_5 = & -28.27427 (\text{非球面}) & d_5 = & 13.758914 \\ r_6 = & -37.35309 & & \end{array}$$

非球面係数

$$B = 0.100959 \times 10^{-6}$$

第5面

$$K = -16.260810$$

【0033】実施例5

$$A = -0.281706 \times 10^{-5}$$

$$\begin{array}{llll} r_0 = & \infty & d_0 = & 15.000000 \\ r_1 = & 20.68370 & d_1 = & 12.837937 \quad n_{d1} = 1.6204 \quad v_{d1} = 60.27 \\ r_2 = & -119.37864 & d_2 = & 2.123186 \\ r_3 = & 61.75341 (\text{非球面}) & d_3 = & 2.000000 \quad n_{d2} = 1.8466 \quad v_{d2} = 23.9 \\ r_4 = & 17.08252 & d_4 = & 13.000000 \quad n_{d3} = 1.5254 \quad v_{d3} = 56.25 \\ r_5 = & -32.09057 & d_5 = & 10.038296 \\ r_6 = & -33.95088 & & \end{array}$$

非球面係数

【0034】次に、上記実施例1～5の球面収差、非点収差、歪曲収差、横収差を表す収差図をそれぞれ図3～図7に示す。なお、実施例1～5の前記条件式(1)、(2)に対応する値は次の表1の通りである。

【0035】

表1

	R/F	F
実施例1	1.21	22.73
2	1.36	23.57
3	1.08	24.21
4	1.53	24.34
5	1.27	26.68

平面画像面を変換することにより得られる。なお、2次元表示素子5の表示面を湾曲させて曲面像面3とすることもできる。

【0037】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の視覚表示装置によれば、 30° 以上の大きな観察画角を提示でき、瞳位置の自由度が大きく、かつ、周辺までフラットで鮮明な観察画像を提示できる視覚表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による視覚表示装置の実施例1の接眼レンズのレンズ断面図である。

【図2】実施例4の接眼レンズのレンズ断面図である。

【図3】実施例1の接眼レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差、横収差を表す収差図である。

【図4】実施例2の接眼レンズの図3と同様な収差図である。

【図5】実施例3の接眼レンズの図3と同様な収差図である。

【図6】実施例4の接眼レンズの図3と同様な収差図である。

【図7】実施例5の接眼レンズの図3と同様な収差図である。

【図8】変換光学素子としてリレー光学系を用いた本発明の視覚表示装置の光学系を示す図である。

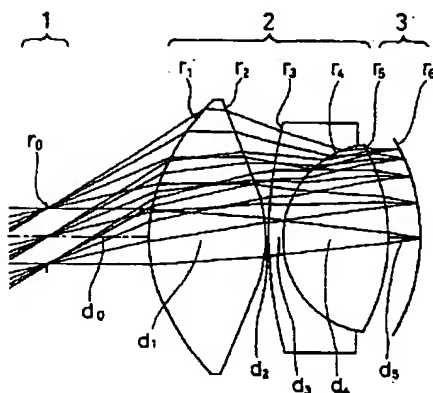
【図9】変換光学素子としてイメージファイバプレートを用いた本発明の視覚表示装置の光学系を示す図である。

【図10】従来の頭部装着式視覚表示装置の光学系を示す図である。

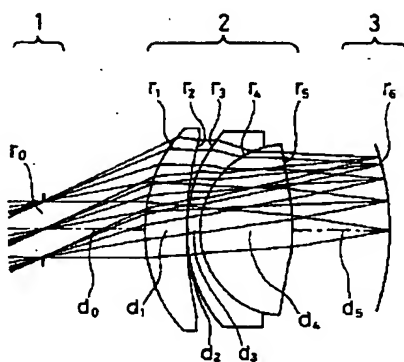
【符号の説明】

- 1…接眼レンズの入射瞳位置
- 2…接眼レンズ
- 3…曲面像面
- 4…リレー光学系
- 5…2次元表示素子
- 6…イメージファイバプレート

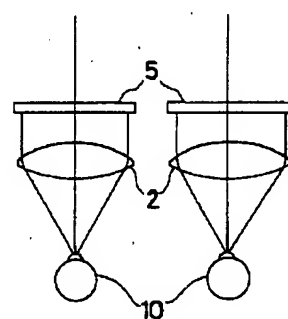
【図1】



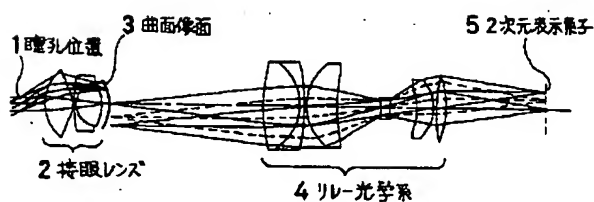
【図2】



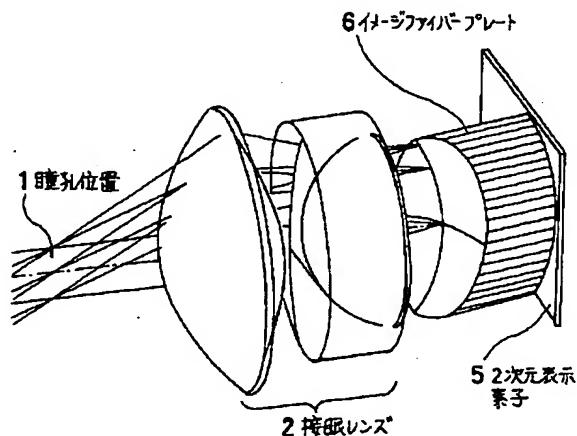
【図10】



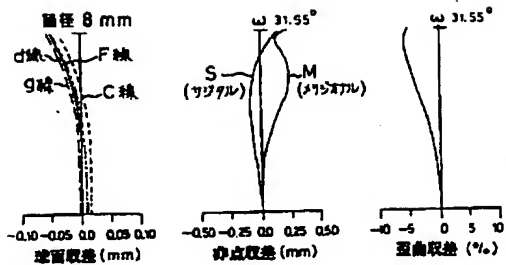
【図8】



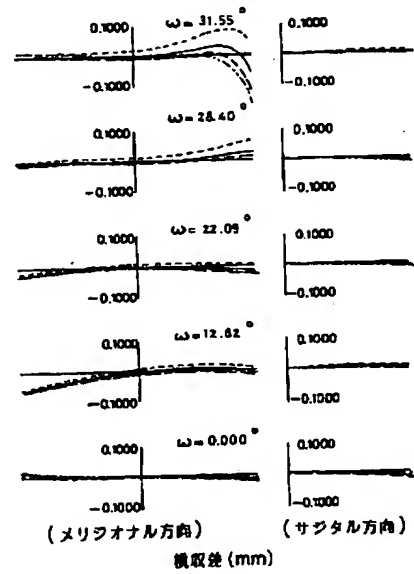
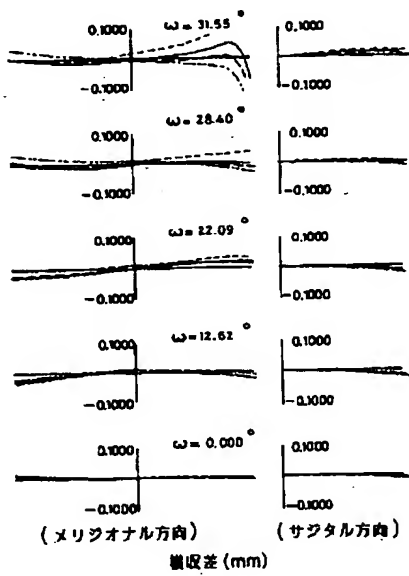
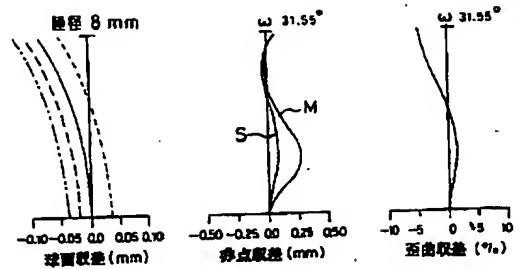
【図9】



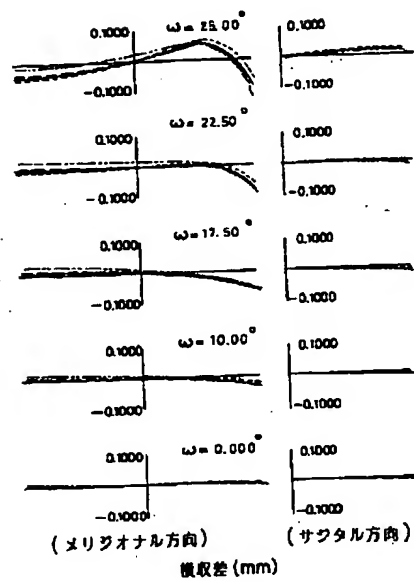
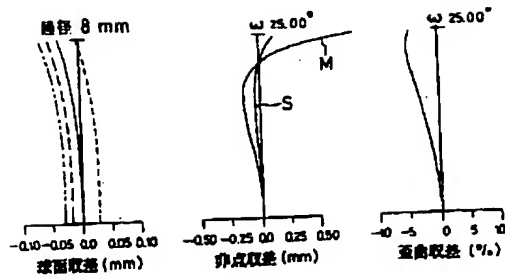
【図3】



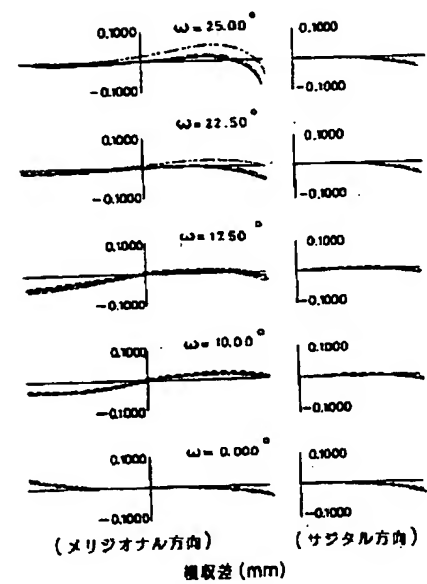
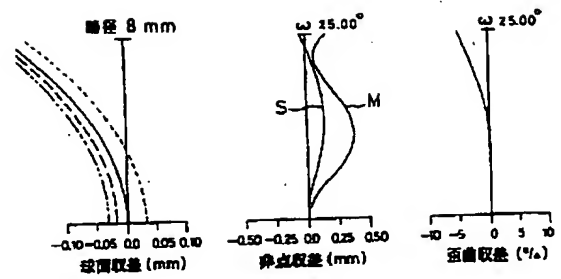
【図4】



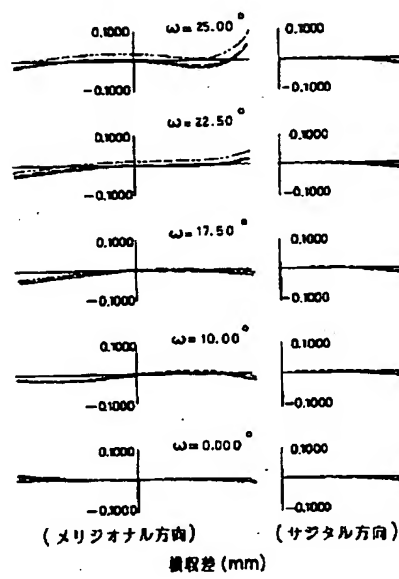
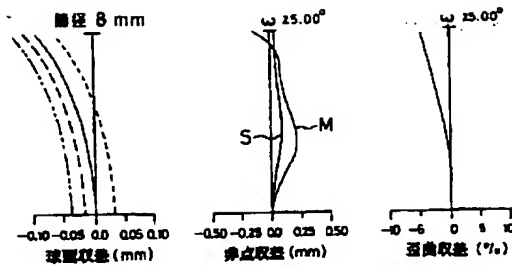
【図5】



【図6】



【図7】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成13年1月19日(2001. 1. 19)

【公開番号】特開平6-308423

【公開日】平成6年11月4日(1994. 11. 4)

【年通号数】公開特許公報6-3085

【出願番号】特願平5-101370

【国際特許分類第7版】

G02B 27/02

13/18

25/00

【F I】

G02B 27/02 Z

13/18

25/00 A

【手続補正書】

【提出日】平成12年4月13日(2000. 4. 13)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 観察像を表示する2次元表示素子と、該2次元表示素子上の平面像を曲面像に変換する変換光学素子と、その曲面像を眼球に虚像として拡大投影する2群構成の正レンズの接眼光学系とからなることを特徴とする視覚表示装置。

$$0.5 < |R/F| < 2.5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1記載の視覚表示装置。

$$12 < F < 30 \quad [\text{mm}]$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項3記載

素子と、その曲面像を眼球に虚像として拡大投影する2群構成の正レンズの接眼光学系とからなることを特徴とする視覚表示装置。

【請求項2】 前記2群構成の正レンズの中、少なくともも瞳側の正レンズの最も瞳側のレンズ面が非球面にて構成されていることを特徴とする請求項1記載の視覚表示装置。

【請求項3】 前記変換光学素子によって変換された物体面の曲率半径をR、接眼光学系の焦点距離をFとするとき、

$$\dots (1)$$

【請求項4】 前記接眼光学系の焦点距離Fが、

$$\dots (2)$$

の視覚表示装置。